

10 / 524803
16 FEB 2005
PCT/JP03/15605
05.12.03

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

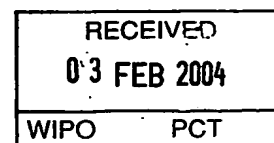
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 2 月 5 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 3 5 4 1 0 3
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 2 - 3 5 4 1 0 3]

出 願 人 松下電器産業株式会社
Applicant(s):

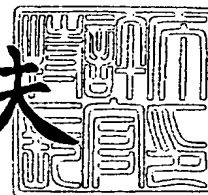


PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 1 月 1 5 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 1 1 1 8 9 3

【書類名】 特許願

【整理番号】 2931040111

【提出日】 平成14年12月 5日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04B 7/26

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 岸上 高明

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 中川 洋一

【特許出願人】

【識別番号】 000005821

【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100097445

【弁理士】

【氏名又は名称】 岩橋 文雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100103355

【弁理士】

【氏名又は名称】 坂口 智康

【選任した代理人】

【識別番号】 100109667

【弁理士】

【氏名又は名称】 内藤 浩樹

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011305

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9809938

【書類名】 明細書

【発明の名称】 無線通信システム、無線通信方法、及び無線通信装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数のアンテナを備え適応的に指向性を可変できる基地局と、空間多重伝送に対応した空間多重対応移動局と、空間多重伝送に未対応の空間多重未対応移動局とを設け、通信エリア内に前記基地局、空間多重対応移動局、空間多重未対応移動局が混在した環境下で、所定の空間多重伝送評価基準及び空間多元接続評価基準を用いて、移動局間で空間多重伝送と空間多元接続を同時、あるいはどちらか一方を行うことを特徴とする無線通信システム。

【請求項 2】 通信エリア内の空間多重対応移動局及び空間多重未対応移動局に対し、前記空間多重対応移動局同士間、または前記空間多重未対応移動局同士間、または前記空間多重対応移動局と前記空間多重未対応移動局間のいずれかの組み合わせから、空間多元接続は空間多元接続評価基準に応じて選択して行うことを特徴とする請求項 1 記載の無線通信システム。

【請求項 3】 基地局における N 個の基地局アンテナからアンテナ毎に既知信号を送信するステップと、空間多重対応移動局及び空間多重未対応移動局はそれぞれの移動局が備える M 個のアンテナ毎に N 個の前記既知信号の受信結果用いて $N \times M$ 個のチャネル推定値からなるチャネル推定行列を測定し、さらに受信品質を測定するステップと、通信回線を介して前記チャネル推定行列及び前記受信品質情報を前記基地局に伝送するステップと、前記基地局は前記チャネル推定行列及び前記受信品質を基に空間多重伝送評価基準及び空間多元接続評価基準を算出し、空間多重伝送と空間多元接続を同時、あるいはどちらか一方を行うステップとを具備することを特徴とする無線通信方法。

【請求項 4】 既知信号は、 N 個の基地局アンテナから相異なる符号系列を用いてアンテナ毎に時分割多重により送信されることを特徴とする請求項 3 記載の無線通信方法。

【請求項 5】 既知信号は、 N 個の基地局アンテナから相異なる符号系列を用いてアンテナ毎に符号分割多重により送信されることを特徴とする請求項 3 記載の無線通信方法。

【請求項 6】 既知信号は、N個の基地局アンテナから相異なる符号系列を用いてアンテナ毎に時分割多重と符号分割多重を組み合わせにより送信されることを特徴とする請求項 3 記載の無線通信方法。

【請求項 7】 空間多重対応移動局及び空間多重未対応移動局はそれぞれの移動局が備えるM個のアンテナ毎に既知信号を基地局に送信するステップと、前記基地局は複数N個の基地局アンテナ毎に前記既知信号を受信し、受信した前記既知信号を基に $N \times M$ 個のチャネル推定値からなるチャネル推定行列を測定し、さらに受信品質を測定するステップと、前記チャネル推定行列及び前記受信品質を基に空間多重伝送評価基準及び空間多元接続評価基準を算出し、空間多重伝送と空間多元接続を同時、あるいはどちらか一方を行うステップとを具備することを特徴とする無線通信方法。

【請求項 8】 受信品質として、受信信号電力対雑音電力比、または受信信号電力対干渉電力比、または受信電力を用いることを特徴とする請求項 3 または請求項 7 記載の無線通信方法。

【請求項 9】 受信品質として、受信信号電力対雑音電力比、かつ、移動局の移動速度またはフェージング周波数推定値を用いることを特徴とする請求項 3 または請求項 7 記載の無線通信方法。

【請求項 10】 空間多重伝送評価基準は、所定の受信品質を満たす空間多重対応移動局を選択するステップと、選択された前記空間多重対応移動局の内、前記空間多重対応移動局での異なるアンテナ間で得られるN個のチャネル推定値間の空間相関係数を基に空間多重伝送数を決定するステップからなることを特徴とする請求項 3 または請求項 7 記載の無線通信方法。

【請求項 11】 空間多元接続割当てされた空間多重対応移動局または前記空間多重未対応移動局に対する複数のチャネル推定値行列を基に、基地局は、前記空間多元接続されたある移動局への指向性ビームは、同時に接続する他の移動局のチャネル推定行列に対し直交するビームを形成することを特徴とする請求項 3 または請求項 7 記載の無線通信方法。

【請求項 12】 基地局は空間多元接続された空間多重対応移動局または空間多重未対応移動局への指向性ビームで送信されるデータ系列には予め既知である

既知信号を埋め込み、空間多元接続された空間多重対応移動局は、既知信号を基にチャネル推定値を算出し、前記チャネル推定値を基に空間多重伝送された信号を分離受信することを特徴とする請求項 11 記載の無線通信方法。

【請求項 13】 空間多重対応移動局と空間多重未対応移動局の組み合わせで空間多元接続割当てされた場合、基地局は、空間多重未対応移動局に対するチャネル推定値行列（ $1 \times N$ 行列）の複素共役転置したものを前記空間多重未対応移動局への指向性ビームとし、前記空間多重対応移動局への指向性ビームは、同時に接続する他の前記空間多重未対応移動局及び空間多重対応移動局のチャネル推定値行列に対し直交するビームを形成することを特徴とする請求項 3 または請求項 7 記載の無線通信方法。

【請求項 14】 空間多元接続評価基準は、所定のスケジューリング手段により移動局を優先的に割当てするステップと、前記優先割当てされた移動局以外から所定の受信品質を満たす空間多重対応移動局または空間多重未対応移動局を選択するステップと、選択された前記空間多重対応移動局または前記空間多重未対応移動局の内、前記優先割当てされた移動局におけるアンテナで得られたチャネル推定値行列との空間相関係数が最小となるアンテナを備えた移動局を選択するステップからなることを特徴とする請求項 3 または請求項 7 記載の無線通信方法。

【請求項 15】 空間多元接続あるいは空間多重伝送されて伝送される空間多重伝送された信号は、所定の通信品質となるように電力制御することを特徴とする請求項 3 または請求項 7 記載の無線通信方法。

【請求項 16】 空間多重未対応移動局と空間多重対応移動局間で空間多元接続を行う場合、空間多重未対応移動局に対する通信品質を空間多重対応移動局間よりも高く設定する電力制御を行うことを特徴とする請求項 3 または請求項 7 記載の無線通信方法。

【請求項 17】 空間多元接続評価基準は、呼損が所定値よりも大きい場合、空間多重未対応移動局同士間の多元接続を優先することを特徴とする請求項 3 または請求項 7 記載の無線通信方法。

【請求項 18】 複数のアンテナを備え適応的に指向性を可変できる基地局と、空間多重伝送に対応した空間多重対応移動局と、空間多重伝送に未対応の空間

多重未対応移動局とを設け、通信エリア内に前記基地局、空間多重対応移動局、空間多重未対応移動局が混在した環境下で、所定の空間多重伝送評価基準及び空間多元接続評価基準を用いて、移動局間で空間多重伝送と空間多元接続を同時、あるいはどちらか一方を行うことを特徴とする無線通信システムにおける基地局装置であって、

割当てられた前記空間多重対応移動局に対する K 個の空間多重伝送を行う送信データ系列に対し、前記空間多重伝送を行う伝搬路における直交性を高める重み付け処理を行う部分空間直交化手段と、前記部分空間直交化手段の出力と、他の空間多元接続により割当てられた空間多重伝送を行わない前記空間多重対応移動局または前記空間多重未対応移動局移動局に対する送信データ系列に対し、移動局への指向性ビームは、同時に接続する他の移動局のチャネル推定行列に対し直交するビームを形成するビーム形成部と、前記ビーム形成部を送信する複数のアレーアンテナとを有することを特徴とする基地局装置。

【請求項 19】 複数のアンテナを備え適応的に指向性を可変できる基地局と、空間多重伝送に対応した空間多重対応移動局と、空間多重伝送に未対応の空間多重未対応移動局とを設け、通信エリア内に前記基地局、空間多重対応移動局、空間多重未対応移動局が混在した環境下で、所定の空間多重伝送評価基準及び空間多元接続評価基準を用いて、移動局間で空間多重伝送と空間多元接続を同時、あるいはどちらか一方を行うことを特徴とする無線通信システムにおける基地局装置であって、

空間多元接続で割当てられた前記空間多重対応移動局または前記空間多重未対応移動局移動局に対する送信データ系列に対し、移動局への指向性ビームは、同時に接続する他の移動局のチャネル推定行列に対し直交するビームを形成するビーム形成部と、前記ビーム形成部を送信する複数のアレーアンテナを有することを特徴とする基地局装置。

【請求項 20】 複数のアンテナを備え適応的に指向性を可変できる基地局と、空間多重伝送に対応した空間多重対応移動局と、空間多重伝送に未対応の空間多重未対応移動局とを設け、通信エリア内に前記基地局、空間多重対応移動局、空間多重未対応移動局が混在した環境下で、所定の空間多重伝送評価基準及び空

間多元接続評価基準を用いて、移動局間で空間多重伝送と空間多元接続を同時、あるいはどちらか一方を行うことを特徴とする無線通信システムにおける空間多重未対応移動局装置であって、

高周波信号を受信するアンテナと、前記アンテナにより受信された前記高周波信号を周波数変換後にベースバンド信号に変換する受信部と、前記ベースバンド信号からマルチパス波を除去するマルチパス干渉キャンセラーと、前記マルチパス干渉キャンセラーの出力からデータ復号する復号部とを備えることを特徴とする空間多重未対応移動局装置。

【請求項 21】 複数のアンテナを備え適応的に指向性を可変できる基地局と、空間多重伝送に対応した空間多重対応移動局と、空間多重伝送に未対応の空間多重未対応移動局とを設け、通信エリア内に前記基地局、空間多重対応移動局、空間多重未対応移動局が混在した環境下で、所定の空間多重伝送評価基準及び空間多元接続評価基準を用いて、移動局間で空間多重伝送と空間多元接続を同時、あるいはどちらか一方を行うことを特徴とする無線通信システムにおける空間多重対応移動局装置であって、

複数のアンテナと、前記複数のアンテナにより受信されたそれぞれの高周波信号を周波数変換後にベースバンド信号に変換する複数の受信部と、前記複数の受信部の出力から空間多重伝送された信号を分離する空間分離手段と、前記空間分離手段により分離された信号を 1 つのデータ系列に変換するデータ混合手段とを有することを特徴とする空間多重対応移動局装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、空間多元接続及び空間多重伝送を用いる無線通信システムに関し、特に空間多重伝送に対応した移動局と、未対応の移動局が通信エリア内に混在する場合に、伝搬環境やトラフィック状況等に応じて空間多元接続及び空間多重伝送の、同時あるいはどちらか一方の適用可能性を判定し適用する無線通信システム、無線通信方法及びその装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年、無線通信の大容量化、高速化への要求が高まりをみせており、有限な周波数資源の有効利用率向上させる方法の研究がさかんであり、その一つの方法として、空間領域を利用する手法が注目を集めている。空間領域利用技術のひとつは、アダプティブアレーアンテナ（適応アンテナ）であり、受信信号に乗算する重み付け係数（以下、この重み付け係数を「重み」という。）により振幅と位相を調整することにより、所望方向から到来する信号を強く受信し、干渉波方向を抑圧することができ、これによりシステムの通信容量を改善することが可能となる。

【0003】

また、空間領域を利用した別な技術として、伝搬路における空間的な直交性を利用することで、同一時刻、同一周波数、同一符号の物理チャネルを用いて異なるデータ系列を、1) 異なる移動局に対して伝送する空間多元接続（以下、SDMA）技術（例えば非特許文献1参照）、2) 同一の移動局に対して伝送する空間多重（以下、SDM）技術がある（例えば非特許文献2参照）。SDMA技術は、移動局間の空間相関係数が所定値よりも低ければSDMAが可能であり、無線通信システムのスループット、同時ユーザ収容数を改善することができる。

【0004】

一方、SDM技術は、送信機及び受信機共に複数のアンテナ素子を備え、アンテナ間での受信信号の相関性が低い伝搬環境下においてSDM伝送が実現できる。この場合、送信機の備える複数のアンテナから、アンテナ素子毎に同一時刻、同一周波数、同一符号の物理チャネルを用いて異なるデータ系列異なるデータ系列を送信し、受信機においては受信機の備える複数アンテナでの受信信号から異なるデータ系列を基に分離受信する。これにより、空間多重チャネルを複数用いることで多値変調を用いずに高速化の達成が可能である。SDM伝送を行う場合、十分なS/N（信号対雑音比）条件下での送受信機間に多数の散乱体が存在する環境下では、送信機と受信機が同数のアンテナを備えた上で、アンテナ数に比例して通信容量の拡大が可能である。

【0005】

【非特許文献1】

文献T. Ohgane et al, "A study on a channel allocation scheme with an adaptive array in SDMA," IEEE 47th VTC, Page(s): 725 - 729 vol. 2 (1997)

【非特許文献2】

文献G. J. Foschini, "Layered space-time architecture for wireless communication in a fading environment when using multi-element antennas," Bell Labs Tech. J, pp. 41-59, Autumn 1996

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来のSDM技術において、最大の空間多重数は送信側及び受信側のアンテナ数の小さい方に制限を受けるため、送受信のアンテナ数に偏りがある場合、伝搬環境によっては空間多重を最大限利用できない場合がある。特に基地局側では、アンテナ素子数を移動局よりも多く設置することが可能であるため、基地局から移動局へ送信時には、基地局側の空間的な自由度が余る場合が生じる。また、移動局にSDMを対応させるためには複数のアンテナと、複数の送信系または受信系と、空間多重された信号を分離するための信号処理部が必要となり高コスト化するため、SDMに対応していない移動局も通信エリア内に混在することが考えられ、空間多重対応した移動局と未対応の移動局との混在下での空間多元接続方法が必要となる。

【0007】

本発明では、特定の移動局との空間多重伝送とともに、伝搬環境に応じて別な移動局に対しての空間多元接続を行うことが可能となる無線通信システムを提供することで、基地局における空間的な自由度を最大限に利用し、無線通信システムの通信容量を改善する。また、通信エリア内のトラフィック状況等に応じて、空間多重方法（SDM、SDMA）を適応的に変化させる制御方法を提供するこ

とで、SDMまたはSDMAによる空間多重技術を有効に活用し、無線通信システムの通信容量を改善する。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明の無線通信システムは、複数のアンテナを備え適応的に指向性を可変できる基地局と、空間多重伝送に対応した空間多重対応移動局と、空間多重伝送に未対応の空間多重未対応移動局が通信エリア内に混在した環境下で、所定の空間多重伝送評価基準及び空間多元接続評価基準を用いて、空間多重伝送と空間多元接続を同時、あるいはどちらか一方を行うことを特徴とする。

【0009】

【発明の実施の形態】

本発明の請求項1に記載の発明は、複数のアンテナを備え適応的に指向性を可変できる基地局と、空間多重伝送に対応した空間多重対応移動局と、空間多重伝送に未対応の空間多重未対応移動局とが通信エリア内に混在した環境下で、所定の空間多重伝送評価基準及び空間多元接続評価基準を用いて、空間多重伝送と空間多元接続を同時、あるいはどちらか一方を行うことを特徴とし、空間多重伝送と空間多元接続の同時あるいはどちらか一方を組み合わせた空間領域を用いた多重化が可能な移動局を選択することができ、空間多重を最大限まで活用できる作用を有する。

【0010】

本発明の請求項2に記載の発明は、通信エリア内の空間多重対応移動局及び空間多重未対応移動局に対し、前記空間多重対応移動局同士間、または前記空間多重未対応移動局同士間、または前記空間多重対応移動局と前記空間多重未対応移動局間のいずれかの組み合わせから、空間多元接続は空間多元接続評価基準に応じて選択して行うことを特徴とし、空間領域を用いた多重化が可能な移動局を空間多元接続評価基準により選択することができ、空間多重を最大限まで活用できる作用を有する。

本発明の請求項3に記載の発明は、基地局におけるN個の基地局アンテナからアンテナ毎に既知信号を送信するステップと、

空間多重対応移動局及び空間多重未対応移動局はそれぞれの移動局が備えるM個のアンテナ毎にN個の前記既知信号の受信結果を用いて $N \times M$ 個のチャンネル推定値からなるチャンネル推定行列を測定し、さらに受信品質を測定するステップと、通信回線を介して前記チャンネル推定行列及び前記受信品質情報を前記基地局に伝送するステップと、前記基地局は前記チャンネル推定行列及び前記受信品質を基に空間多重伝送評価基準及び空間多元接続評価基準を算出し、空間多重伝送と空間多元接続を同時、あるいはどちらか一方を行うステップとを具備することを特徴とし、チャンネル推定値及び受信品質情報を基に空間多重伝送と空間多元接続の適用の判定を可能とする。

【0011】

本発明の請求項4に記載の発明は、既知信号はN個の基地局アンテナから相異なる符号系列を用いてアンテナ毎に時分割多重により送信されることを特徴とし、基地局アンテナ毎のチャンネル推定値を移動局で測定できるという作用を有する。

【0012】

本発明の請求項5に記載の発明は、既知信号はN個の基地局アンテナから相異なる符号系列を用いてアンテナ毎に符号分割多重により送信されることを特徴とし、基地局アンテナ毎のチャンネル推定値を移動局で測定できるという作用を有する。

【0013】

本発明の請求項6に記載の発明は、既知信号はN個の基地局アンテナから相異なる符号系列を用いてアンテナ毎に時分割多重と符号分割多重を組み合わせにより送信されることを特徴とし、基地局アンテナ毎のチャンネル推定値を移動局で測定できるという作用を有する。

【0014】

本発明の請求項7に記載の発明は、空間多重対応移動局及び空間多重未対応移動局はそれぞれの移動局が備えるM個のアンテナ毎に既知信号を基地局に送信するステップと、前記基地局は複数N個の基地局アンテナ毎に前記既知信号を受信し、受信した前記既知信号を基に $N \times M$ 個のチャンネル推定値からなるチャンネル推

定行列を測定し、さらに受信品質を測定するステップと、前記チャンネル推定行列及び前記受信品質を基に空間多重伝送評価基準及び空間多元接続評価基準を算出し、空間多重伝送と空間多元接続を同時、あるいはどちらか一方を行うステップとを具備することを特徴とし、チャンネル推定値及び受信品質情報を基に空間多重伝送と空間多元接続の適用の判定を可能とする。

【0015】

本発明の請求項 8 に記載の発明は、受信品質として、受信信号電力対雑音電力比、または受信信号電力対干渉電力比、または受信電力を用いることを特徴とし、移動局における受信品質を把握することができるという作用を有する。

【0016】

本発明の請求項 9 に記載の発明は、受信品質として、受信信号電力対雑音電力比、かつ、移動局の移動速度（またはフェージング周波数推定値）を用いることを特徴とし、移動局の移動状況に応じて空間多重伝送と空間多元接続の適用の判定を可能とする。

【0017】

本発明の請求項 10 に記載の発明は、空間多重伝送評価基準は、所定の受信品質を満たす空間多重対応移動局を選択するステップと、選択された前記空間多重対応移動局の内、前記空間多重対応移動局での異なるアンテナ間で得られる N 個のチャンネル推定値間の空間相関係数を基に空間多重伝送数を決定するステップからなることを特徴とし、移動局における伝搬環境に応じて空間多重伝送と空間多元接続の適用の判定を可能とする。

【0018】

本発明の請求項 11 に記載の発明は、空間多元接続割当てされた空間多重対応移動局または前記空間多重未対応移動局に対する複数のチャンネル推定値行列を基に、基地局は、前記空間多元接続されたある移動局への指向性ビームは、同時に接続する他の移動局のチャンネル推定行列に対し直交するビームを形成することを特徴とし、空間多元接続された移動局間の干渉を低減できる作用を有する。

【0019】

本発明の請求項 12 に記載の発明は、基地局は空間多元接続された空間多重対

応移動局または空間多重未対応移動局への指向性ビームで送信されるデータ系列には予め既知である既知信号を埋め込み、空間多元接続された空間多重対応移動局は、既知信号を基にチャンネル推定値を算出し、前記チャンネル推定値を基に空間多重伝送された信号を分離受信することを特徴とし、移動局において空間多重伝送された複数の空間多重伝送された信号を分離受信するという作用を有する。

【0020】

本発明の請求項13に記載の発明は、空間多重対応移動局と空間多重未対応移動局の組み合わせで空間多元接続割当てされた場合、基地局は、空間多重未対応移動局に対するチャンネル推定値行列（ $1 \times N$ 行列）の複素共役転置したものを前記空間多重未対応移動局への指向性ビームとし、前記空間多重対応移動局への指向性ビームは、同時に接続する他の前記空間多重未対応移動局及び空間多重対応移動局のチャンネル推定行列に対し直交するビームを形成することを特徴とし、空間多重未対応移動局の受信品質を優先的に保証した上で空間多重対応移動局に対する空間多元接続を行えるという作用を有する。

【0021】

本発明の請求項14に記載の発明は、空間多元接続評価基準は、所定のスケジューリング手段により移動局を優先的に割当てするステップと、前記優先割当てされた移動局以外から所定の受信品質を満たす空間多重対応移動局または空間多重未対応移動局を選択するステップと、選択された前記空間多重対応移動局または前記空間多重未対応移動局の内、前記優先割当てされた移動局におけるアンテナで得られたチャンネル推定値行列との空間相関係数が最小となるアンテナを備えた移動局を選択するステップからなることを特徴とし、所定の通信品質で空間多元接続が可能な移動局を選択できるという作用を有する。

【0022】

本発明の請求項15に記載の発明は、空間多元接続あるいは空間多重伝送されて伝送される空間多重伝送された信号は、所定の通信品質となるように電力制御することを特徴とし、所定の品質で基地局と移動局間の通信ができるという作用を有する。

【0023】

本発明の請求項 16 に記載の発明は、空間多重未対応移動局と空間多重対応移動局間で空間多元接続を行う場合、空間多重未対応移動局に対する通信品質を空間多重対応移動局間よりも高く設定する電力制御を行うことを特徴とし、干渉除去性能が低い空間多重未対応移動局の受信品質を優先的に高めることでそれを補うことができるという作用を有する。

【0024】

本発明の請求項 17 に記載の発明は、空間多元接続評価基準は、呼損が所定値よりも大きい場合、空間多重未対応移動局同士間の多元接続を優先することを特徴とし、空間多元接続を優先することで同時接続できる移動局数を増加させることができ、呼損が抑えられるという作用を有する。

【0025】

本発明の請求項 18 に記載の発明は、複数のアンテナを備え適応的に指向性を可変できる基地局と、空間多重伝送に対応した空間多重対応移動局と、空間多重伝送に未対応の空間多重未対応移動局とが通信エリア内に混在した環境下で、所定の空間多重伝送評価基準及び空間多元接続評価基準を用いて、空間多重伝送と空間多元接続を同時、あるいはどちらか一方を行うことを特徴とする無線通信システムにおいて、割当てられた前記空間多重対応移動局に対する K 個の空間多重伝送を行う送信データ系列に対し、前記空間多重伝送を行う伝搬路における直交性を高める重み付け処理を行う部分空間直交化手段と、前記部分空間直交化手段の出力と、他の空間多元接続により割当てられた空間多重伝送を行わない前記空間多重対応移動局または前記空間多重未対応移動局移動局に対する送信データ系列に対し、移動局への指向性ビームは、同時に接続する他の移動局のチャネル推定行列に対し直交するビームを形成するビーム形成部と、前記ビーム形成部を送信する複数のアレーアンテナとを具備することを特徴とし、空間多重伝送と空間多元接続を同時に適用できる指向性ビームを形成できるという作用を有する。

【0026】

本発明の請求項 19 に記載の発明は、複数のアンテナを備え適応的に指向性を可変できる基地局と、空間多重伝送に対応した空間多重対応移動局と、空間多重伝送に未対応の空間多重未対応移動局とが通信エリア内に混在した環境下で、所

定の空間多重伝送評価基準及び空間多元接続評価基準を用いて、空間多重伝送と空間多元接続を同時、あるいはどちらか一方を行うことを特徴とする無線通信システムにおいて、空間多元接続で割当てられた前記空間多重対応移動局または前記空間多重未対応移動局移動局に対する送信データ系列に対し、移動局への指向性ビームは、同時に接続する他の移動局のチャネル推定行列に対し直交するビームを形成するビーム形成部と、前記ビーム形成部を送信する複数のアレーアンテナとを具備することを特徴とし、空間多重伝送と空間多元接続を同時に適用できる指向性ビームを形成できるという作用を有する。

【0027】

本発明の請求項20に記載の発明は、複数のアンテナを備え適応的に指向性を可変できる基地局と、空間多重伝送に対応した空間多重対応移動局と、空間多重伝送に未対応の空間多重未対応移動局とが通信エリア内に混在した環境下で、所定の空間多重伝送評価基準及び空間多元接続評価基準を用いて、空間多重伝送と空間多元接続を同時、あるいはどちらか一方を行うことを特徴とする無線通信システムにおいて、高周波信号を受信するアンテナと、前記アンテナにより受信された前記高周波信号を周波数変換後にベースバンド信号に変換する受信部と、前記ベースバンド信号からマルチパス波を除去するマルチパス干渉キャンセラーと、前記マルチパス干渉キャンセラーの出力からデータ復号する復号部とを具備することを特徴とし、空間多元接続される空間多重未対応移動局における干渉除去特性を向上できるという作用を有する。

【0028】

本発明の請求項21に記載の発明は、複数のアンテナを備え適応的に指向性を可変できる基地局と、空間多重伝送に対応した空間多重対応移動局と、空間多重伝送に未対応の空間多重未対応移動局が通信エリア内に混在した環境下で、所定の空間多重伝送評価基準及び空間多元接続評価基準を用いて、空間多重伝送と空間多元接続を同時、あるいはどちらか一方を行うことを特徴とする無線通信システムにおいて、複数のアンテナと、前記複数のアンテナにより受信されたそれぞれの高周波信号を周波数変換後にベースバンド信号に変換する複数の受信部と、前記複数の受信部の出力から空間多重伝送された信号を分離する空間分離手段と

、前記空間分離手段により分離された信号を1つのデータ系列に変換するデータ混合手段とを具備することを特徴とし、空間多重伝送された複数の空間多重伝送された信号を分離受信できるという作用を有する。

【0029】

以下、本発明の実施の形態について、図1から図5を用いて説明する。

【0030】

(実施の形態1)

図1は、本発明の実施の形態1に係る無線通信システムの概略を示す図である。以下、本実施の形態においては、基地局から移動局に向けての送信（以下、ダウンリンク）における空間多重を用いた通信方法について説明を行う。図1において、1は複数のアンテナ素子を備え適応的にアンテナ指向性を可変できる基地局1であり、2-1～2は空間多重に対応した複数のSDM（Space Division Multiplex）対応移動局、3-1～3はSDM伝送に未対応である複数のSDM未対応移動局3、4-1～4は基地局1からの通信を行う移動局に対する複数の送信ビームであり、5は通信エリアである。なお、SDM対応移動局2の数及びSDM未対応移動局3の数はこれに限定されるものではない。本発明の無線通信システムは、通信エリア5内に、通信可能な複数のSDM対応移動局2及びSDM未対応移動局3が混在している場合に、異なる移動局間に対して空間多元接続（SDMA；Space Division Multiple Access）と、同一の移動局に対する空間多重（SDM）とのどちらか一方、あるいは同時に行うことが可能な無線通信システムであって、空間多重度の最大限利用を可能とする。なお、以下ではSDM対応移動局2またはSDM未対応移動局3を含めてナンバリングしたものを移動局 MS_m と表現する。なお、 m は通信エリア5内における移動局数 N_{ms} 以下の自然数をとる。基地局1は、多数のSDM対応移動局2及びSDM未対応移動局3から、SDM、SDMAの同時またはどちらか一方が可能かを判定し、基地局アンテナから複数ビーム4を形成することで、可能と判定された空間多重化、空間多元接続を実現する。

【0031】

図2は、基地局1及び移動局 MS_m の処理手順を示す。以下、図2を用いてそ

の動作を説明する。フレーム同期及びシンボル同期確立後に、 N_t 個のアンテナ素子及び送信系を備える基地局 1 は、まず、それぞれの送信系から所定シンボル数 N_p からなる既知信号系列（以下、アンテナ個別パイロット信号 $AP_k(t)$ ）を送信する（s1）。ただし、 k は基地局 1 における送信系の番号であり、 $k = 1, 2, \dots, N_t$ 。また、 $t = 1, \dots, N_p$ 。なお、基地局 1 のアンテナ素子数 N_t が十分多い場合、あるいは SDM における空間多重数が基地局 1 のアンテナ素子数 N_t よりも小さく制限されている場合、 N_t 個のすべての送信系を用いる必要はなく、一部のみを用いて、アンテナ個別パイロット信号を送信しても良い。

【0032】

図 3 は、アンテナ個別パイロット信号の送信タイミング（フレーム構成）を示す図である。図 3 (a) は、アンテナ毎にアンテナ個別パイロット信号の送信タイミングをずらした時分割で送信する。アンテナ個別パイロット信号は同一のパターン、または PN 信号等による互いに直交する符号系列を用いる。図 3 (b) は、異なるアンテナから互いに直交する符号系列を用いて、符号分割多重で送信する。また、時分割送信と符号分割送信を組み合わせた方式の適用も可能である。すなわち、図 3 (c) に示すようにあるアンテナの組み合わせでは、同一時刻の時分割スロットを共有し、それぞれのアンテナ個別パイロット信号（図中の A1、A2）は互いに直交する符号系列を用いて、符号分割多重で送信する。これにより基地局 1 におけるアンテナ数が多い場合の時分割送信のオーバーヘッドを低減でき、また符号分割多重時の伝搬路における直交性の低減を緩和することができる。

【0033】

続いて、通信エリア 5 内に存在する移動局 MS_m は、基地局アンテナ毎に伝送されるアンテナ個別パイロット信号 $AP_k(t)$ を分離受信し、チャネル推定値を算出する（s2）。さらには受信品質を測定する（s3）。以下その動作を説明する。通信エリア 5 内に存在する第 m 番目の移動局 MS_m は、 $N_s(m)$ 個のアンテナと、 $N_s(m)$ 個の受信系を備えており、最大 $N_s(m)$ 個の空間多重チャネルを SDM 受信可能とする。なお、 m は通信エリア 5 内における移動局数

N_{ms} 以下の自然数である。ここで、SDM未対応移動局3は、 $N_s(m) = 1$ となり、SDM対応移動局2は $N_s(m) > 1$ となる。第 k 番目のアンテナ個別パイロット信号 $AP_k(t)$ を、第 m 番目の移動局 MS_m における第 j 番目のアンテナ及び受信系で受信した結果である $r_{j,k}^{(m)}(t)$ と(ただし、 $j = 1, \dots, N_s(m)$)に対し、移動局 MS_m の内部で生成した $AP_k(t)$ との相関演算を行うことで、(数1)に示すように伝搬路のチャネル推定値 $h^m(j, k)$ を算出する。なお、 $*$ は複素共役を行う演算子である。なお、複数回にわたるアンテナ個別パイロット信号 $AP_k(t)$ の受信結果を保存し、平均化処理を行ってもよく、その場合、移動局の移動速度が十分小さければ、雑音の影響を低減でき、チャネル推定品質を高めることが可能となる。最終的に、第 m 番目の移動局 MS_m によるチャネル推定値は計(アンテナ個別パイロット信号数 N_t) \times (移動局のアンテナ数 $N_s(m)$)個算出される。

【0034】

【数1】

$$h^m(j, k) = \sum_{t=1}^{N_p} AP_k^*(t) r_{j,k}^{(m)}(t)$$

【0035】

続いて、アンテナ個別パイロット信号毎、移動局のアンテナ毎の受信品質 $P^m(j, k)$ を算出する。受信品質は受信信号電力、SIR(信号電力対干渉電力比)、SNR(信号電力対雑音電力比)等の適用が可能であり、以下ではSNRを用いた場合の例を示す。アンテナ個別パイロット信号 $AP_k(t)$ を用いてSNRを評価する場合、信号電力を $S^m(j, k) = |h^m(j, k)|^2 / N_p$ とし、(数2)で示す雑音電力 $N^m(j, k)$ を用いて受信品質 $P^m(j, k)$ 、すなわちSNR評価(= $S^m(j, k) / N^m(j, k)$)が可能である。

【0036】

【数 2】

$$N^m(j, k) = \frac{1}{N_p} \sum_{i=1}^{N_p} |r_{j,k}^{(m)}(i) - S^m(j, k)|^2$$

【0037】

以上の動作により算出されたチャネル推定値 $h^m(j, k)$ 及び受信品質 $P^m(j, k)$ を、通信チャネルを介し基地局 1 へフィードバックする。なお、受信品質に関しては、(アンテナ個別パイロット信号数 N_t) \times (移動局のアンテナ数 $N_s(m)$) 個の全てをフィードバックする代わりに、フィードバック情報の削減のため、(数 3) で示される $P_s(m)$ を基地局アンテナ数 N_t 、及び移動局アンテナ数 $N_s(m)$ にわたり平均化したものを、通信チャネルを介し基地局 1 へフィードバックする方法の適用が可能であり、以下では受信品質として $P_s(m)$ を伝送する方式について説明する (s 4)。なお、ここでは、(数 3) に示すように受信品質 $P^m(j, k)$ の平均値を算出しているが、中央値あるいは最大値等を用いてもよい。

【0038】

【数 3】

$$P_s(m) = \frac{1}{N_t N_s(m)} \sum_{k=1}^{N_t} \sum_{j=1}^{N_s(m)} P^m(j, k)$$

【0039】

続いて、基地局 1 は、通信エリア 5 内に存在する移動局からの、チャネル推定値 $h^m(j, k)$ 及び受信品質情報 $P_s(m)$ に関するフィードバック情報を受信し、所定のスケジューリング手段により、優先的に割当てする移動局を決定する。以下では、第 A 番目の移動局 MS_A が優先割り当てされ、移動局個別 (ユーザ個別) の通信を開始するものとする (s 5)。基地局 1 は優先割当てされた移動局 MS_A が SDM 伝送可能かどうかを判定し (s 6)、SDM 未対応移動局 3 ならば、SDMA 可能な移動局を探索する (s 7)。一方、SDM 対応移動局 2 ならばフィードバックされた伝搬路のチャネル推定値 $h^A(j, k)$ を用いて、SD

M可能かどうか判定し (s 8)、続いてSDMA可能な移動局を探索する (s 7)。ただし、 $k=1, \dots, N_t$ であり、 $j=1, \dots, N_s(A)$ である。判定の結果、 N_c 個の空間多重チャネル数が使用されるものとする。ただし、 $1 \leq N_c < N_s(A)$ を満たす自然数である。なお、SDM可能かどうかの判定は、移動局 MS_A に関するチャネル推定値 $h^A(j, k)$ を(数4)のように行列表記し、 $H(A)$ を特異値分解することで得られる $N_s(A)$ 個の特異値 λ_j を算出し、所定値を超える特異値の数により判定することが可能である。ここで、 $j=1, \dots, N_s(A)$ である。また、別な方法としては $H(A)$ の $(N_s(A) - 1)$ 個の行ベクトル間の相関係数(以下、空間相関係数)を算出し、所定値以下となる個数を空間多重チャネル数としても良い。

【0040】

【数4】

$$H(A) = \begin{bmatrix} h^A(1,1) & h^A(1,2) & \dots & h^A(1,N_t) \\ h^A(2,1) & h^A(2,2) & \dots & h^A(2,N_t) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ h^A(N_s(A),1) & h^A(N_s(A),2) & \dots & h^A(N_s(A),N_t) \end{bmatrix}$$

【0041】

SDMA可能な移動局の探索 (s 7) は、基地局1にフィードバックされたチャネル推定値あるいは受信品質情報を基に行う。まず、第A番目の移動局 MS_A の受信品質情報 $P_s(A)$ を除く、受信品質情報 $P_s(m)$ を用いて、所定レベルを超える品質の移動局を第1段階目を選択する。所定レベルの設定として、所定のマージン値 C を用いた $P_s(m) > P_s(A) + C$ のように設定してもよく(ただし、 m はA以外の通信エリア5内の移動局番号を示す)、この場合、第A番目の移動局 MS_A よりも受信品質が高い移動局を選択することができ、基地局1の送信電力制御を行う場合、基地局1からの送信電力を第A番目の移動局 MS_A よりも低く設定することが可能であり、移動局 MS_A に対する与干渉を低減できるという効果が得られる。

【0042】

続いて、既に割当てられた移動局 MS_A でのチャネル推定値 $h^A(j, k)$ と、

第1段階で選択された移動局間のチャネル推定値 $h^m(j, k)$ との空間相関係数 $SC(m, A)$ を(数5)あるいは(数6)を用いて算出する。ここで、*は複素共役を示す。ここで、 m は、第1段階で選択された移動局のナンバーを示す。

【0043】

【数5】

$$SC(m, A) = \frac{1}{N_s(m)N_s(A)N_t} \sum_{j_A=1}^{N_s(A)} \sum_{j_m=1}^{N_s(m)} \sum_{k=1}^{N_t} \frac{[h^m(j_m, k)]^* h^A(j_A, k)}{\sqrt{h^m(j_m, k)} \sqrt{h^A(j_A, k)}}$$

【0044】

【数6】

$$SC(m, A) = \max_{j_A \in N_s(A), j_m \in N_s(m)} \frac{1}{N_t} \sum_{k=1}^{N_t} \frac{[h^m(j_m, k)]^* h^A(j_A, k)}{\sqrt{h^m(j_m, k)} \sqrt{h^A(j_A, k)}}$$

【0045】

第1段階で選択された全ての対象移動局 MS_m に対し、(数5)または(数6)による空間相関係数の演算を行い、第A番目の移動局 MS_A に対し、最も空間相関 $SC(m, A)$ が低い移動局 MS_m が、所定の空間相関係数値を下回っている場合、空間多元接続移動局(第B番目の移動局とする)として選択し(s9)、さらに空間多元接続移動局がSDM対応移動局2かどうかを判定する(s10)。もし、SDM未対応移動局3ならば、再度、SDMA可能な移動局 MS_m を探索する(s7)。SDM対応移動局2ならば、フィードバックされた伝搬路のチャネル推定値 $h^B(j, k)$ を用いて、SDM可能かどうかをステップs6と同様な方法を用いて判定する(s11)。ただし、 $k=1, \dots, N_t$ であり、 $j=1, \dots, N_s(B)$ である。判定の結果、 $N_c(B)$ 個の空間多重チャネル数が使用されるものとする。ただし、 $1 < N_c(B) < N_s(B)$ を満たす自然数である。判定後、再度、SDMA可能な移動局 MS_m を探索する(s7)。

【0046】

なお、ステップs7において、既に複数の移動局 MS_m が割当てられている場

合に、SDMA可能な移動局 MS_m を探索する際には、 $SC(m, A)$ の代わりに、(数7)に示す $MSC(m)$ を用いる。 $MSC(m)$ は、既に割当てられた移動局 A, B, C, \dots に対し最大の $SC(m, k)$ を与える。ただし、 k は既に割当てられた移動局 MS_A, MS_B, MS_C, \dots の番号を与える。

【0047】

【数7】

$$MSC(m) = \max_{k=A, B, C, \dots} SC(m, k)$$

【0048】

再度のSDMA可能な移動局 MS_m を探索により(s7)、SDMA可能な移動局 MS_m があるかどうか判定し(s9)、存在する場合は、同様に(s10)以降の処理を行い、存在しない場合は、それ以上の空間多元接続は行わずにSDMを行うかどうかの通知(空間多重数を通知)を含めた通信開始通知を(s13)、割当てられた所定の移動局 MS_m に対して行い(s14)、移動局 MS_m に対する個別ユーザチャネル送信を開始し(s15)、所定の移動局 MS_m においては、個別ユーザチャネルの受信を開始する(s16)。なお、SDMA割当てされた各移動局 MS_m への送信電力は、所定の受信品質が得られるように送信電力制御を行う。

【0049】

なお、SDM対応移動局2とSDM未対応移動局3間で、SDMAを行う場合、SDM未対応移動局3は、空間領域での干渉抑圧ができないため、SDM未対応移動局3で目標とする受信品質をSDM対応移動局2よりも高く設定する方法を適用しても良く、この場合、SDMA時におけるSDM未対応移動局3の受信品質を確保することができる。

【0050】

以上のような動作により、SDM移動局2とSDMA未対応移動局3が通信エリア5内に混在する場合においても、アンテナ個別パイロット信号を用いた移動局 MS_m からのチャネル推定値及び受信品質情報を、基地局1側にフィードバックすることで、SDMとSDMAの同時あるいはどちらか一方を組み合わせた空

間領域を用いた多重化が可能な移動局 MS_m を選択することができ、空間多重を最大限まで活用することができ、有限な周波数資源の有効活用を図ることができる。

【0051】

なお、本実施の形態において、SDMあるいはSDMAをトラフィック状況に応じて、移動局 MS_m の割当て処理を適応的に変化させることもできる。通信エリア5内に多数の移動局 MS_m が存在し、呼損が所定レベルより多く発生する場合は、図2におけるSDM対応処理(s8、s11)を省略する処理により、SDMよりもSDMAが可能な移動局割当てを優先することができ、この場合、同時に通信が可能な移動局数を増大できるという効果が得られる。

【0052】

また、通信エリア5の大小（またはセル半径）に応じて、移動局 MS_m の割当て処理を適応的に変化させることも可能である。この場合、マクロセルのように一般的に基地局アンテナ高が周辺建物よりも高い場合は、送受信間の見通しが確保できる通信エリア5内の場所率が比較的高くなるため、SDMよりもSDMAに適した伝搬環境下となるため、図2におけるSDM対応処理(s8、s11)を省略する処理により、SDMよりもSDMAが可能な移動局割当てを優先させる。

【0053】

なお、本実施形態をマルチキャリア伝送方式の無線通信システムに適用することも同様に可能である。この場合、1) 複数サブキャリアの内の1つ（例えば、中心周波数に付近のサブキャリア等）を用いて、実施の形態1と同様な動作を行う方法、2) 複数サブキャリアの一部あるいは全てを用いて、実施の形態1と同様な動作、すなわち、それぞれのサブキャリア毎にチャネル推定値算出、受信品質推定を行い、基地局1にそれらの情報をフィードバックし、空間相関係数の算出に基づきSDM、SDMAを行う移動局 MS_m の割当てを行う。なお、空間相関係数算出時には、サブキャリア毎に、実施の形態1と同様に空間相関係数を算出し、それらの平均あるいは中央値、あるいは最大値、最小値等の代表値を最終的な空間相関係数として、移動局 MS_m を割当てる。

【0054】

なお、本実施の形態では、基地局1から移動局MS_mに向けての送信（ダウンリンク）における空間多重を用いた通信方法について説明を行ったが、移動局MS_mから基地局1への送信（アップリンク）においても、同様に適用することが可能である。この場合、移動局MS_mの備えているアンテナ毎にアンテナ個別パイロット信号を時間分割、あるいは符号分割して基地局1に送信し、基地局1において、それぞれのアンテナ個別パイロット信号のチャネル推定値と受信品質を算出する。これにより、移動局MS_mからのそれらのフィードバック情報を用いることなく、図2を用いて説明したものと同様な動作により移動局MS_mのSDMあるいはSDMAの割当てが可能となる。

【0055】

なお、本実施の形態では、基地局1から移動局MS_mに向けての送信（ダウンリンク）におけるチャネル推定値及び受信品質情報は、基地局1に対し通信回線を介してフィードバックを用いたが、TDD（Time Division Duplex）を用いる無線通信システムにおいては、同一周波数を伝送媒体として用いることから、伝搬路の相反性から移動局MS_mの備えているアンテナ毎にアンテナ個別パイロット信号を時間分割、あるいは符号分割して基地局1に送信し、基地局1において、それぞれのアンテナ個別パイロット信号のチャネル推定値と受信品質を算出することで、移動局MS_mからのそれらのフィードバック情報を用いることなく、図2を用いて説明したものと同様な動作により移動局MS_mのSDMあるいはSDMAの割当てが可能となる。TDDにおけるアップリンクへの本実施の形態の適用も同様に可能である。

【0056】

なお、受信品質情報として、本実施の形態で説明を行ったSNR等の受信品質の他に、移動局MS_mの推定移動速度、ドップラー周波数推定値等の移動局MS_mのモビリティに関連する評価値を組み合わせてもよい。この場合、受信品質情報のフィードバック、あるいはSDMA、またはSDM割当て処理により遅延が生じるため、所定のモビリティ以上の移動局は、SDMA、またはSDM割当て処理を行わないという判定動作を図2におけるステップs7に加えることで動作が

可能である。

【0057】

(実施の形態2)

図4は実施の形態2における無線通信システムの基地局BS及び移動局MSの詳細な構成を示している。実施の形態1と同様にダウンリンクにおいて空間多重を用いた移動局MSの通信割当て処理を行った後の、移動局MS及び基地局BSにおける指向性制御方法について図4を用いて説明を行う。なお、図4では、SDM対応移動局MS₁に対し個別ユーザ送信データ系列10が2つの空間多重チャネル(SCH1、SCH2)を用いて伝送され、SDM未対応移動局MS₂に対する個別ユーザ送信データ系列11が1つの空間多重チャネル(SCH3)を用いて伝送される場合の図を示しているが、これに限定されることはない。図4の基地局BSにおいて、10は移動局MS₁への送信データ系列、11は移動局MS₂への送信データ系列、12は2つの空間多重チャネル(SCH1、SCH2)を空間的に直交させて送信するための部分空間直交化手段、13は各空間多重チャネルSCH1～SCH3に対しそれぞれ送信ウエイトW1～W3を乗算するビーム形成部、14は複数N_t個のアンテナ素子からなる基地局アンテナ(ただし、N_t>1)、15は基地局BSから送信された高周波信号を受信する移動局MS₁に備えられた複数N_s⁽¹⁾個のアンテナ、16は高周波信号をベースバンド信号に変換する受信部、17はベースバンド信号から空間多重された信号を分離受信する空間多重分離手段、18は分離受信された信号を混合し送信された元のデータ系列に復元するデータ混合手段、19はデータ混合手段18から出力される受信データ系列、20は基地局BSから送信された高周波信号を受信する移動局MS₂に備えられた移動局アンテナ、21は高周波信号からMS₂の受信データ系列22を出力する受信部である。

【0058】

以下、図4を用いて動作を説明する。第n番目の移動局MS_nへの第k番目の空間多重チャネルにおける送信データ系列をS_kⁿ(t)とする(ただし、tは時刻を表す)。ここで、nは空間多元接続を行う移動局数N_d以下の自然数、kは第n番目の移動局MS_nに対する空間多重数N_c⁽ⁿ⁾以下の自然数である。また、

$1 \leq N_c(n) < N_s(1)$ である。移動局 MS_n から基地局 BS にフィードバックされた第 m 番目の基地局アンテナからのアンテナ個別パイロット信号 $AP_m(t)$ に対する、第 n 番目の移動局 MS_n の第 p 番目のアンテナで受信した場合のチャネル推定値を $h^n(p, m)$ とする。なお、 m は基地局アンテナ数 N_t 以下の自然数、 p は第 n 番目の移動局 MS_n におけるアンテナ数 $N_s(n)$ 以下の自然数である。ここで、第 n 番目の移動局 MS_n に対するチャネル推定行列 H^n を(数8)のように定義する。

【0059】

【数8】

$$H^n = \begin{bmatrix} h^n(1,1) & h^n(1,2) & \dots & h^n(1,N_t) \\ h^n(2,1) & h^n(2,2) & \dots & h^n(2,N_t) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h^n(N_s(n),1) & h^n(N_s(n),2) & \dots & h^n(N_s(n),N_t) \end{bmatrix}$$

【0060】

ビーム形成部13は、SDM及びSDMAに用いる空間多重チャネルの総数 T_c に等しい数の送信ウエイトベクトル $W_j = [W_{j1}, W_{j2}, \dots, W_{jN_t}]^T$ を備えており(ただし、 j は空間多重チャネルの総数 T_c 以下の自然数、 T はベクトル転置を示す)、第 j 番目の空間多重チャネルの送信データ系列 $SCH(j)$ を基地局アンテナ数分(N_t)だけ複製し、送信ウエイトベクトルの各要素を乗算し、基地局アンテナ14から送信する。ここで、第 j 番目の空間多重チャネルに対する送信ウエイトベクトル W_j は、(数9)のように、第 j 番目以外のSDMAされる他ユーザ n に対し、干渉を生じないビーム形成を行う。 n は第 j 番目を除くSDMAを行う移動局の総数 N_d 以下の自然数である。第 n 番目の移動局 MS_n のみが割当てられSDMAを行わない場合は、その移動局の空間多重数が $N_c(n)$ である場合は、基地局アンテナ14のうちから $N_c(n)$ 個のアンテナを選択して送信する。

【0061】

【数 9】

$$H^n W_j = 0, (j \neq n)$$

【0062】

(数 9) を満足する送信ウエイト W_j を生成することで、空間多重チャネル数 $N_c(A) = 1$ である第 A 番目の移動局 MS_A に向けた送信ウエイトが W_j である場合、(数 10) のように表せるチャネル推定値 C_A で受信される。また、空間多重チャネル数 $N_c(B) > 1$ である第 B 番目の移動局 MS_B に向けた送信ウエイトが $W_j, W_{j+1}, W_{j+N_c(B)-1}$ である場合、(数 11) のように表せる $(N_s(B) \times N_c(B))$ 次のチャネル推定行列 C_B で受信される。

【0063】

部分空間直交化手段 12 は、第 B 番目の移動局 MS_B に対し SDM 伝送する場合に、空間多重チャネル数 $N_c(B) > 1$ である第 B 番目の移動局 MS_B に向けた送信ウエイトが $W_j, W_{j+1}, W_{j+N_c(B)-1}$ である場合、(数 11) のように表せる $(N_s(B) \times N_c(B))$ 次のチャネル推定行列 C_B で受信されるが、予め (数 12) に示すように C_B を特異値分解し、得られる特異値の大きい順に $N_c(B)$ 個選択し、それらの特異値 λ_k に対応する右特異値ベクトルからなる右特異値行列 $V_s = [V_1 \ V_2 \ \dots \ V_{N_c(B)}]$ を用いて、(数 13) に示すように空間多重チャネルのデータ系列 $S(t) = [S_1^B(t) \ S_2^B(t) \ \dots \ S_{N_c(B)}^B(t)]^T$ に対し、右特異値行列 V_s を左から乗算し、信号系列 $S_2(t)$ を算出する。ここで、 $k = 1 \sim N_c(B)$ である。ビーム形成部 13 は $S_2(t)$ の $N_c(B)$ 個の要素に対し、それぞれ送信ウエイト $W_j, W_{j+1}, W_{j+N_c(B)-1}$ を乗算する。ここで、(数 12) において、 U はチャネル推定行列 C_B の左特異値ベクトルから構成されるユニタリ行列、 V はチャネル推定行列 C_B の右特異値ベクトルから構成されるユニタリ行列、 Q は対角成分を特異値とする対角行列である。

【0064】

なお、部分空間直交化手段 12 を省略する構成でも可能であり、その場合、(数 13) における V_s は N_c 次単位行列となる。

【0065】

【数 1 0】

$$H^A W_j = C_A$$

【0 0 6 6】

【数 1 1】

$$H^A [W_j W_{j+1} \dots W_{j+Nc(n)-1}] = C_B$$

【0 0 6 7】

【数 1 2】

$$C_B = U \Lambda V^H = U \begin{bmatrix} Q & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} V^H$$

【0 0 6 8】

【数 1 3】

$$S_2(t) = V_s S(t)$$

【0 0 6 9】

SDM対応移動局MS_nではN_c(n)個の空間多重チャネルを分離受信するために、またSDM未対応移動局MS_nでは同期検波受信のために空間多重チャネル毎に既知信号系列（以下、空間多重チャネル個別パイロット信号）CP_k(t)を埋め込んで送信する。ここで、kは空間多重チャネルの総数T_c以下の自然数である。図5は空間多重チャネル個別パイロット信号CP_k(t)の送信方法（フレーム構成）を示している。図5（a）はまた、空間多重チャネル個別パイロット信号の送信タイミングをずらし時分割で送信する。アンテナ個別パイロット信号は同一のパターン、またはPN（擬似ランダム信号）信号等による互いに直交する符号系列を用いる。図5（b）では異なる、空間多重チャネルから互いに直交する符号系列を用いて、符号分割多重で送信する。また、アンテナ個別パイロット信号を説明した図3（c）で説明したように時分割送信と符号分割送信を組み合わせた方式の適用も可能である。

【0070】

続いて、移動局MSにおける受信動作について説明する。まず、第n番目のSDM対応移動局MS_nは、N_s(n)個の移動局アンテナ15により空間多重された高周波信号を受信する。N_s(n)個の受信部16は、N_s(n)個のそれぞれの高周波信号に対し、周波数変換後に直交検波によりI信号、Q信号からなる複素ベースバンド信号 $r_j^{(n)}(t)$ をN_s(n)個出力する。(ただし、jはN_s(n)以下の自然数。)空間多重分離手段17はSDM対応移動局MS_nに対するN_c(n)個の空間多重チャネルを分離する。

【0071】

空間多重チャネルの分離方法は、1)チャネル推定行列の逆行列を利用する方法(ゼロフォーシング手法)、2)最尤推定(結合推定)、3)V-BLAST等の手法の適用が可能である。以下では、1)の方法を用いた場合の動作について説明を行う。まず、空間多重チャネルに個別に埋め込まれた空間多重チャネル個別パイロット信号CP_k(t)を用いることで、(数14)に示すようにそれぞれの空間多重チャネル毎にチャネル推定値 $h^n(j, k)$ を算出する。ここでkはSDM対応移動局MS_nに向けて送信される空間多重チャネル数N_c(n)個以下の自然数である。なお、*は複素共役演算子であり、空間多重チャネル個別パイロット信号CP_k(t)のシンボル数をN_qとする。得られた空間多重チャネル毎にチャネル推定値 $h^n(j, k)$ を構成要素とする(数15)に示すチャネル推定行列Hⁿを生成し、その一般逆行列(Hⁿ)⁻¹を受信信号ベクトル $R = [r_1^{(n)}(t), r_2^{(n)}(t), \dots, r_{N_s(n)}^{(n)}(t)]^T$ に左から乗算することで、それぞれの空間多重チャネルを分離受信することができる。なお、移動局MS_nへの空間多重数及び空間多重チャネル個別パイロット信号の種別に関しては、予め基地局BSから移動局MS_nへ制御チャネル等を通じて通知がなされる。

【0072】

【数14】

$$h^n(j, k) = \sum_{i=1}^{N_q} CP_k^*(t) r_j^{(n)}(t)$$

【0073】

【数 15】

$$H^n = \begin{bmatrix} h^n(1,1) & h^n(1,2) & \dots & h^n(1,N_c^{(n)}) \\ h^n(2,1) & h^n(2,2) & \dots & h^n(2,N_c^{(n)}) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h^n(N_s^{(n)},1) & h^n(N_s^{(n)},2) & \dots & h^n(N_s^{(n)},N_c^{(n)}) \end{bmatrix}$$

【0074】

なお、空間多重分離の別な方法として、第B番目の移動局MS_Bに対しSDM伝送する場合に、部分空間直交化手段12を用いた場合、(数12)に示すようにC_Bの特異値分解で得られる特異値から大きい順にN_c個選択し、それらの特異値に対応する左特異値ベクトルからなる右特異値行列U_s=[U₁ U₂、. . .、U_{N_c(B)}]を用いて、その複素共役転置した行列(U_s)^Hを受信信号ベクトルR=[r₁^(B)(t)、r₂^(B)(t)、. . .、r_{N_s(B)}^(B)(t)]^Tに左から乗算することで、それぞれの空間多重チャネルを分離受信することができる。この場合、予め右特異値行列U_sを移動局MS_Bに対し通信回線を介して通知しておく。なお、移動局MS_nへの空間多重数及び空間多重チャネル個別パイロット信号の種別に関しては、予め基地局BSから移動局MS_nへ制御チャネル等を通じて通知がなされる。

【0075】

SDM未対応移動局MS₁は、受信部16において、アンテナにより受信された高周波信号を適宜周波数変換し、非同期検波、あるいは、同期検波を用いて、受信動作を行う。受信信号は、図示されない復号部により符号判定、復号化されユーザ送信データを復元する。

【0076】

なお、SDM未対応移動局MS₁は、空間多重アクセスのため、同一干渉波成分が高くなることが予想されており、干渉除去のために樋口他、電子情報学会技術報告RCS2000-134(2000)で開示されている文献等に記載のマルチパス干渉キャンセラーを搭載することで、同一干渉成分を除去することができ、除去後の受信信号を、復号部により符号判定、復号化されユーザ送信データを復元することで高品質な受信性能を得ることができる。

【0077】

以上のように本実施の形態では、基地局BSにおいてSDMとSDMAが組み合わされて送信される場合の移動局における空間分離受信方法について説明を行った。移動局において、空間多重チャンネルに埋め込まれる空間多重チャンネル個別パイロット信号を利用したチャンネル推定値を利用することで、空間多重チャンネルの分離が可能となる。

【0078】

なお、本実施形態をマルチキャリア伝送方式の無線通信システムに適用することも同様に可能である。この場合、1) 複数サブキャリアの内の1つ（例えば、中心周波数に付近のサブキャリア等）を用いて、サブキャリア共通の1つの指向性ビームを形成する方法、2) 複数サブキャリアの一部あるいは全ての用いて、それぞれのサブキャリア毎のアンテナ個別パイロット信号に対するチャンネル推定値を基に、サブキャリア毎に指向性ビームを形成する指向性ビーム形成方法により、本実施の形態を同様に適用することができる。

【0079】

(実施の形態3)

本実施の形態では、SDM対応移動局とSDM未対応移動局がエリア内に混在して存在する場合、SDM未対応移動局を優先して通信を行う場合の空間的なチャンネルの形成方法について説明する。

【0080】

基地局BS及び移動局MSの詳細な構成は実施の形態2で用いた図4と同様であり、ビーム形成部13における送信ビーム生成方法が異なる。以下、実施の形態2と異なる部分を主に説明する。

【0081】

実施の形態1と同様にダウンリンクにおいて空間多重を用いた移動局MSの通信割当て処理を行った後の、移動局MS及び基地局BSにおける指向性制御方法について図4を用いて説明を行う。

【0082】

第n番目の移動局MS_nへの第k番目の空間多重チャンネルにおける送信データ

系列を $S_k^n(t)$ とする (ただし、 t は時刻を表す)。ここで、 n は空間多元接続を行う移動局数 N_d 以下の自然数、 k は移動局 MS_n に対する空間多重数 $N_c(n)$ 以下の自然数である。また、 $1 \leq N_c(n) < N_s(1)$ である。移動局 MS_n から基地局 BS にフィードバックされた第 m 番目の基地局アンテナ 14 からのアンテナ個別パイロット信号 $AP_m(t)$ に対する、第 n 番目の移動局 MS_n の第 p 番目のアンテナで受信した場合のチャネル推定値を $h^n(p, m)$ とする。なお、 m は基地局アンテナ数 N_t 以下の自然数、 p は第 n 番目の移動局 MS_n におけるアンテナ数 $N_s(n)$ 以下の自然数である。ここで、第 n 番目の移動局 MS_n に対するチャネル推定行列 H^n を (数 8) のように定義する。

【0083】

ビーム形成部 13 は、SDM 及び SDMA に用いる空間多重チャネルの総数 T_c に等しい数の送信ウエイトベクトル $W_j = [W_{j1}, W_{j2}, \dots, W_{jN_t}]^T$ を備えており (ただし、 j は空間多重チャネルの総数 T_c 以下の自然数、 T はベクトル転置を示す)、第 j 番目の空間多重チャネルの送信データ系列 $SCH(j)$ を基地局アンテナ数分 (N_t) だけ複製し、送信ウエイトベクトルの各要素を乗算し、基地局アンテナ 14 から送信する。

【0084】

ここで、第 s 番目の SDM 未対応移動局 MS_s に対する送信ウエイトベクトル $W_s = (H(s)) H$ で与える。ただし、 H は複素複素共役転置を表す。この送信ウエイトベクトル W_s により、第 s 番目の SDM 未対応移動局 MS_s では、基地局 BS の複数アンテナからの複数の送信信号が最大比合成された受信信号が得られる。一方、SDM 対応移動局 MS_j の第 j 番目の空間多重チャネルに対する送信ウエイトベクトル W_j は、(数 9) のように、第 j 番目以外の SDMA される他ユーザ n に対し、干渉を生じないビーム形成を行う。 n は SDMA を行う移動局の総数 N_d 以下の自然数である。

【0085】

SDM 対応移動局 MS_j は (数 9) を満足する送信ウエイト W_j を生成することで、空間多重チャネル数 $N_c(A) = 1$ である第 A 番目の移動局 MS_A に向けた送信ウエイトが W_j である場合、(数 10) のように表せるチャネル推定値 C_A で

受信される。また、空間多重チャネル数 $N_c(B) > 1$ である第 B 番目の移動局 $M S_B$ に向けた送信ウェイトが $W_j, W_{j+1}, W_{j+N_c(B)-1}$ である場合、(数 11) のように表せる $(N_s(B) \times N_c(B))$ 次のチャネル推定行列 C_B で受信される。

【0086】

部分空間直交化手段 12 は、第 B 番目の移動局 $M S_B$ に対し $S D M$ 伝送する場合に、空間多重チャネル数 $N_c(B) > 1$ である第 B 番目の移動局 $M S_B$ に向けた送信ウェイトが $W_j, W_{j+1}, W_{j+N_c(B)-1}$ である場合、(数 11) のように表せる $(N_s(B) \times N_c(B))$ 次のチャネル推定行列 C_B で受信されるが、予め (数 12) に示すように C_B を特異値分解し、得られる特異値の大きい順に $N_c(B)$ 個選択し、それらの特異値 λ_k に対応する右特異値ベクトルからなる右特異値行列 $V_s = [V_1 \ V_2 \ \dots \ V_{N_c(B)}]$ を用いて、(数 13) に示すように空間多重チャネルのデータ系列 $S(t) = [S_1^B(t) \ S_2^B(t) \ \dots \ S_{N_c(B)}^B(t)]^T$ に対し、右特異値行列 V_s を左から乗算し、信号系列 $S_2(t)$ を算出する。ここで、 $k = 1 \sim N_c(B)$ である。ビーム形成部 13 は $S_2(t)$ の $N_c(B)$ 個の要素に対し、それぞれ送信ウェイト $W_j, W_{j+1}, W_{j+N_c(B)-1}$ を乗算する。ここで、(数 12) において、 U はチャネル推定行列 C_B の左特異値ベクトルから構成されるユニタリ行列、 V はチャネル推定行列 C_B の右特異値ベクトルから構成されるユニタリ行列、 Q は対角成分を特異値とする対角行列である。なお、部分空間直交化手段 12 を省略する構成でも可能であり、その場合、(数 13) における V_s は N_c 次単位行列となる。

【0087】

移動局 $M S_n$ での動作は、実施の形態 2 と同様であり、その説明は省略する。

【0088】

なお、 $S D M$ 未対応移動局は、空間多重アクセスのため、同一干渉波成分が高くなることが予想されており、干渉除去のために樋口他、電子情報学会技術報告 $R C S 2000-134 (2000)$ で開示されている文献等に記載のマルチパス干渉キャンセラーを搭載することで、同一干渉成分を除去することができ、より高品質な受信性能を得ることができる。

【0089】

以上のように本実施の形態では、基地局BSにおいてSDMとSDMAが組み合わされて送信される場合について、実施の形態2とは異なるSDM未対応移動局へのビーム形成方法を用いる無線通信システムについて説明を行った。本実施の形態により、SDM未対応移動局に対しては、基地局BSの複数アンテナからの複数の送信信号が最大比合成される受信信号が得られる指向性ビームを基地局BSでは用いる。これにより、SDM未対応移動局への受信品質をあるレベルにおいて確保した状態で、SDMAを可能とする。一方、SDM対応移動局への干渉度は増加するが、SDM対応移動局には備えた複数アンテナにより空間領域を用いた干渉除去が可能であるため、干渉に対する耐性がSDM未対応移動局よりも高いため、無線通信システムとしてのスループットの減少は小さい範囲で納めることができる。

なお、本実施形態をマルチキャリア伝送方式の無線通信システムに適用することも同様に可能である。この場合、1) 複数サブキャリアの内の1つ（例えば、中心周波数に付近のサブキャリア等）を用いて、サブキャリア共通の1つの指向性ビームを形成する方法、2) 複数サブキャリアの一部あるいは全ての用いて、それぞれのサブキャリア毎のアンテナ個別パイロット信号に対するチャネル推定値を基に、サブキャリア毎に指向性ビームを形成する指向性ビーム形成方法により、本実施の形態を同様に適用することができる。

【0090】

【発明の効果】

以上のように本発明によれば、アレーアンテナを備えた無線通信システムにおいて、特定の移動局との空間多重伝送とともに、別な移動局に対しての空間多元接続が可能な無線通信システムを提供することで、基地局における空間的な自由度を最大限に利用し、無線通信システムの通信容量を改善するという効果を有する。また、通信エリア内のトラフィック状況等に応じて、空間多重方法（SDM、SDMA）を適応的に変化させる制御方法を提供することで、SDMまたはSDMAによる空間多重技術を有効に活用し、無線通信システムの通信容量を改善するという効果を有する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施の形態 1 における無線通信システムの構成を示す図

【図 2】

実施の形態 1 における移動局割当て手順を示すフロー図

【図 3】

本発明の実施の形態 1 におけるアンテナ個別パイロット信号のフレーム構成を示す図

【図 4】

本発明の実施の形態 2 における基地局及び移動局の構成を示す図

【図 5】

本発明の実施の形態 2 における空間多重チャネル個別パイロット信号のフレーム構成を示す図

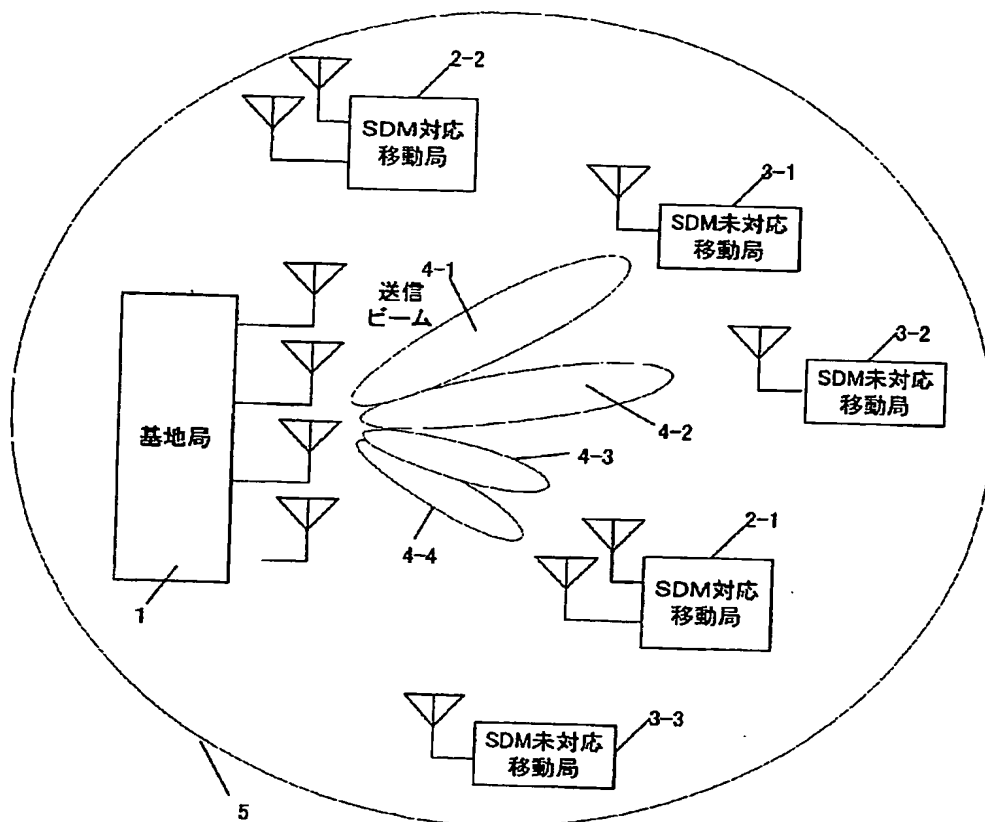
【符号の説明】

- 1 アレーアンテナ
- 2 SDM対応移動局
- 3 SDM未対応移動局
- 4 送信ビーム
- 5 通信エリア
- 10、11 送信データ系列
- 12 部分空間直交化手段
- 13 ビーム形成部
- 14 基地局アンテナ
- 15、20 移動局アンテナ
- 16、21 受信部
- 17 空間多重分離手段
- 18 データ混合手段

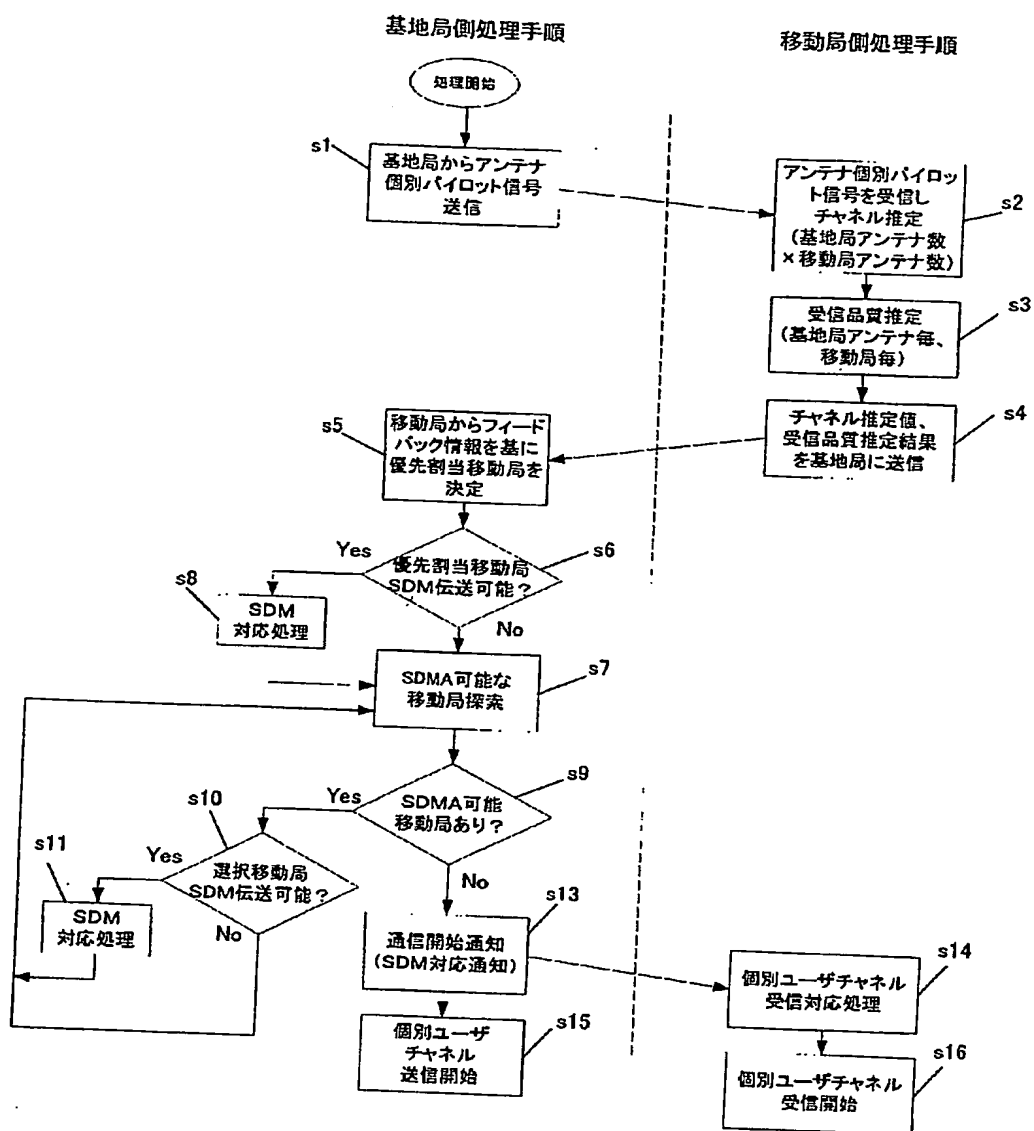
【書類名】

図面

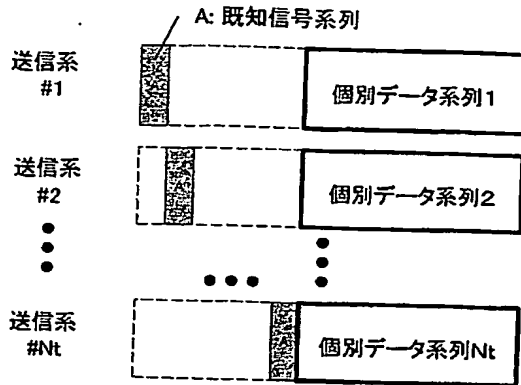
【図1】



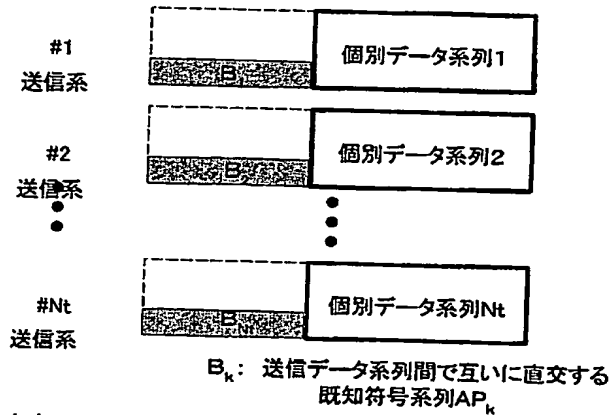
【図 2】



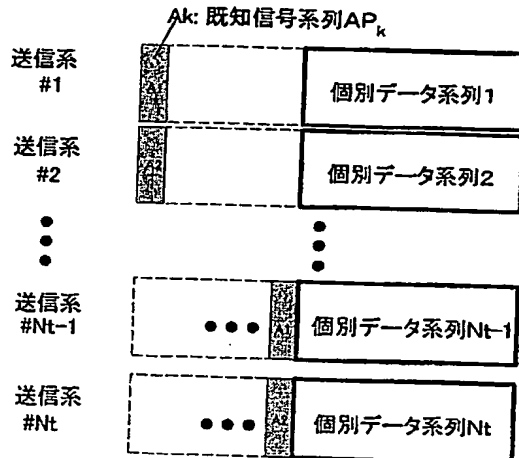
【図 3】



(a) アンテナ個別パイロット信号の時分割送信

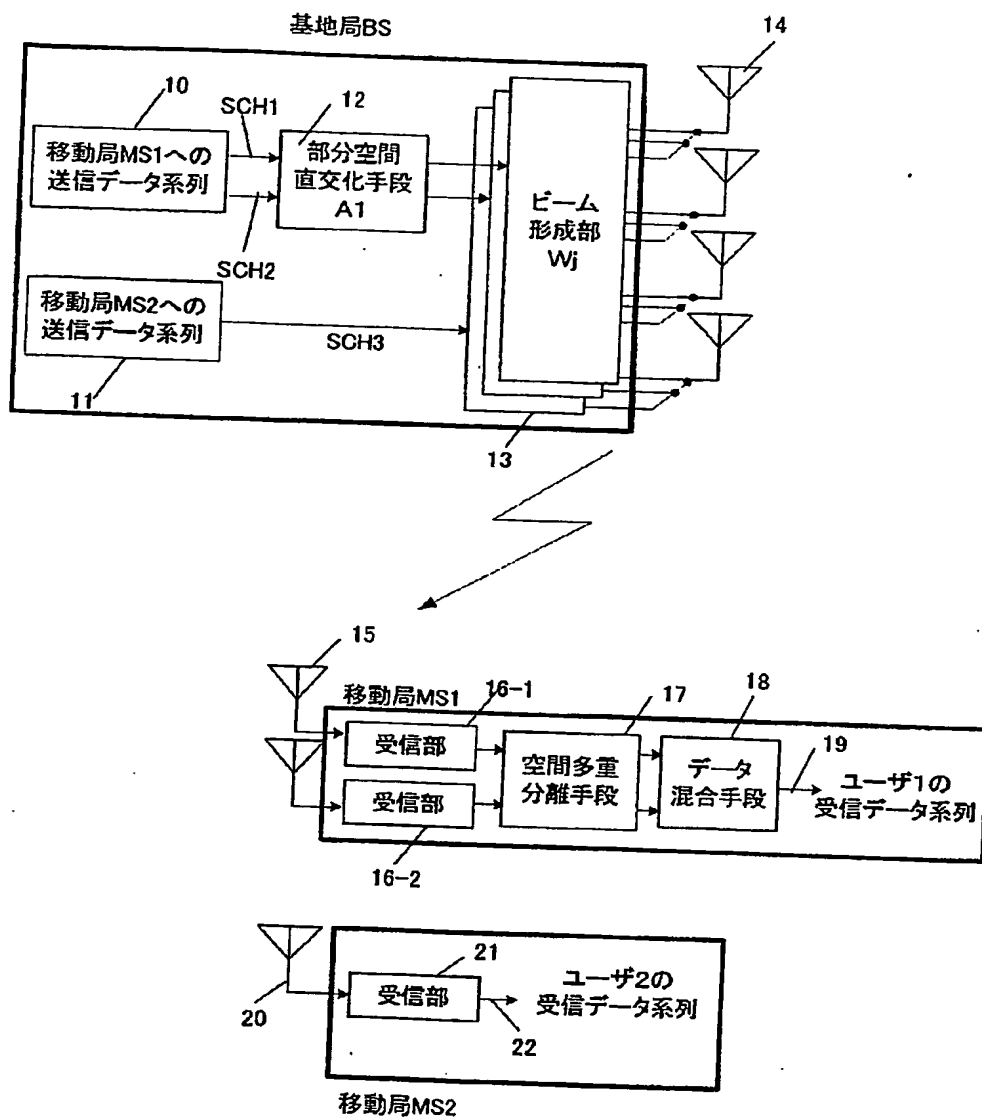


(b) アンテナ個別パイロット信号の符号分割送信

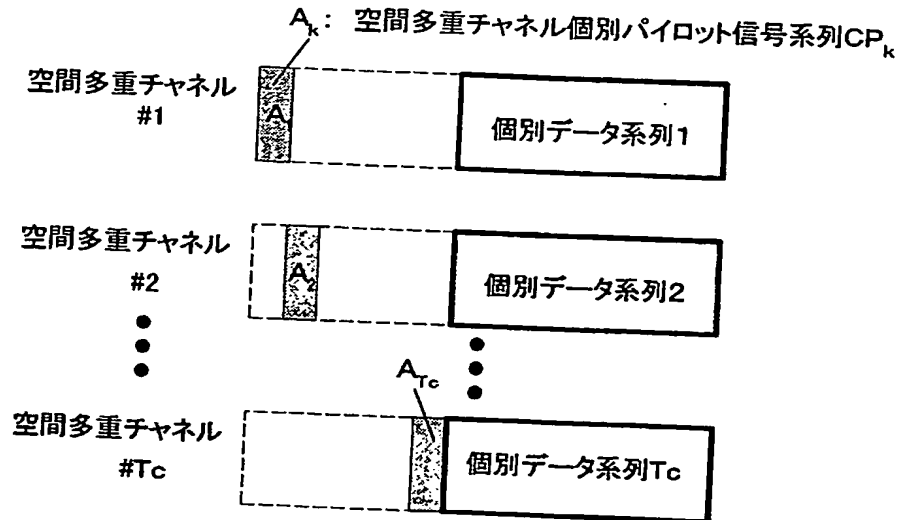


(c) アンテナ個別パイロット信号の時間・符号分割送信

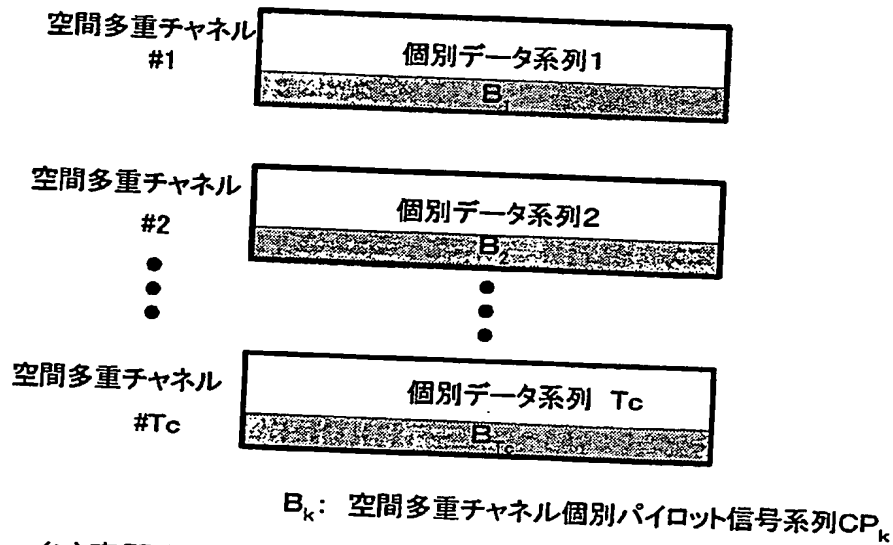
【図 4】



【図 5】



(a) 空間多重チャネル個別パイロット信号の時分割送信



(b) 空間多重チャネル個別パイロット信号の符号分割送信

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 特定の移動局との空間多重伝送とともに、伝搬環境に応じて別な移動局に対しての空間多元接続を行うことが可能となる無線通信システムの提供を目的とする。

【解決手段】 本発明の無線通信システムは、複数のアンテナを備え適応的に指向性を可変できる基地局 1 と、空間多重伝送に対応した空間多重対応移動局 2 と、空間多重伝送に未対応の空間多重未対応移動局 3 が通信エリア内に混在した環境下で、所定の空間多重伝送評価基準及び空間多元接続評価基準を用いて、空間多重伝送 (SDM) と空間多元接続 (SDMA) を同時、あるいはどちらか一方を行う移動局の割当てを行うことで、無線通信システムにおける空間的な自由度を最大限に利用し、通信容量を改善することができる。

【選択図】 図 1

特願 2002-354103

ページ: 1/E

出願人履歴情報

識別番号

[000005821]

1. 変更年月日
[変更理由]

1990年 8月28日
新規登録

住所
氏名

大阪府門真市大字門真1006番地
松下電器産業株式会社

出証番号 出証特 2003-3111893